

УДК 630*232.5:631.527.6

Д. В. Кулагин, А. В. Константинов, Л. А. Богинская, М. Я. Острикова, В. Е. Падутов
Институт леса Национальной академии наук Беларуси

СРАВНЕНИЕ РОСТОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИКРОКЛОНАЛЬНО РАЗМНОЖЕННЫХ САЖЕНЦЕВ РАЗЛИЧНЫХ КЛОНОВ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР

В условиях опытного объекта (лесные культуры) была выполнена оценка растений 21 клонной формы, относящихся к родам Береза и Тополь. Посадочный материал для создания лесокультурной площади получен посредством микроклонального размножения. Объект заложен на землях, находившихся в сельскохозяйственном пользовании. На них отмечен высокий уровень заражения вредителями-ризофагами. Показано, что наиболее благоприятным сроком для закладки лесных культур посадочным материалом березы является весенний период. Представители рода Тополь демонстрировали высокую устойчивость к корнегрызущим вредителям. Клоны Гл8, Псв3, Псв5, Псв6, V22, Pt, M22, Корейский и 215 названной породы выделены как быстрорастущие. Средняя высота стволика растений названных форм в возрасте 3–4 лет составляет 82,8–136,1 см, диаметр на уровне почвы – 9,2–18,3 мм, приживаемость – 75,0–100,0%. Клоны гибридной березы 54-84/8 и 66-150/10 выделены как наиболее устойчивые и быстрорастущие. Средняя высота стволика растений названных форм в возрасте 3 лет составляет 85,9–107,0 см, диаметр на уровне почвы – 11,8–11,9 мм, приживаемость – 55,0–63,0%. Установлено, что на ювенальной стадии развития рост растений сходного происхождения (микроклональные саженцы), принадлежащих к различным родам, имеет большое количество сходных черт.

Ключевые слова: тополь, береза, микроклональное размножение, испытание и отбор клонов, лесные плантации.

D. V. Kulagin, A. V. Konstantinov, L. A. Boginskaya, M. Ja. Ostriкова, V. E. Padutov
Institute of Forest of the National Academy of Sciences of Belarus

THE COMPARISON OF GROWTH PARAMETERS OF CLONALLY PROPAGATED SEEDLINGS OF DIFFERENT CLONES OF WOODY SPECIES IN FOREST PLANTATIONS

In the conditions of experimental plot (established on forest plantation) was tested 21 clonal form, belonging to the genera *Betula* and *Populus*. Planting material for silvicultural area obtained by means of micropropagation. The forest plantation was established on the land that was in agricultural use. The high level of infestation by pests feed on plant roots was marked. It was shown that the most favorable period for birch forest plantation creation is spring. Representatives of the *Populus* genus showed high resistance to the pests damaging roots. Clones Gl8, Psv3, Psv5, Psv6, V22, Pt, M22, Korean and 215 were distinguished as fast-growing. The average height of the plants stalk of these forms at the age of 3–4 years was 82.8–136.1 cm, diameter at the ground level was 9.2–18.3 mm, survival rate was 75.0–100.0%. The clones of hybrid birch 54-84/8 and 66-150/10 were identified as the most resistant and fast-growing. The average height of the plants stalk of these forms at the age of three years was 85.9–107.0 cm, diameter at the ground level was 11.8–11.9 mm, survival rate was 55.0–63.0%. It was found that the juvenile stage of the plants with similar origin (micropropagation seedlings) and belonging to the different genera had a lot of similarities.

Key words: *Populus*, *Betula*, micropropagation, testing and selection of clones, forest plantations.

Введение. Микроклональное размножение растений – один из методов биотехнологии. По сути, оно является вегетативным размножением (клонированием), однако отличается тем, что в основе его методики лежит использование подходов культуры тканей. Результатом этого является значительное ускорение процесса производства посадочного материала, повышения его качества, а также в некоторых случаях оздоровления. В лесной биотехнологии наибольшее развитие получили технологии, разработанные

для быстрорастущих и хозяйственно ценных древесных пород [1].

Для расширения практического использования метода микроклонального размножения в лесном хозяйстве Беларуси наибольший интерес представляет изучение опыта, полученного в сходных почвенно-климатических условиях сопредельных государств.

Микроклональное размножение лесных древесных пород широко применяется в промышленных масштабах в Скандинавии и странах

Прибалтийского региона. Там разработана технология производства посадочного материала гибридной осины (*P. tremula* × *P. tremuloides* Michx.). Выбор объекта обусловлен рядом причин, основными из которых является ее высокая продуктивность и зимостойкость. В настоящее время в Северной Европе создано более 9000 га лесных плантаций гибридной осины, большая часть из которых заложена микроклонально размноженным посадочным материалом [2]. Промышленному внедрению данной технологии предшествовала научно-исследовательская работа, выполнявшаяся в лесных научных центрах [2–4].

В странах СНГ лесная биотехнология не получила широкого распространения в производстве. В настоящее время выполняется ряд исследовательских работ, направленных на изучение особенностей внедрения данной технологии в лесохозяйственную практику.

В России наибольшее внимание уделяется осине и осиново-тополевым гибридам местного происхождения. Наиболее активно изучается рост и развитие растений, полученных из культуры тканей, в естественных условиях. Так, сотрудниками Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства в 2001–2006 гг. был создан ряд опытных участков, на которых испытания проходят шесть клонов осины. Показано, что прирост по высоте растений триплоидной осины в культурах к восьми годам в 2 раза превосходит контроль по данному показателю. Аналогичные результаты получены на опытных участках в Республике Татарстан [5, 6].

Сходные прикладные задачи требуют своего решения и в Беларуси. Изучение ростовых параметров растений, полученных в асептических условиях, позволяет оценить генетический потенциал и продуктивность каждого клона, определить влияние применяемой технологии на процесс развития саженцев, изучить экономические аспекты внедрения научных разработок. Таким образом, целью данного исследования было изучение особенностей роста и развития микроклонально размноженных растений селекционно-отобранных клонов древесных пород в естественных условиях.

Основная часть. Объектами исследования стали древесные растения в возрасте 2–3 лет, произрастающие в опытных лесных культурах. Они относились к 21 клоновой форме: клоны бп3ф1 и бп1б березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.); клоны бб31, 171б и бб9а1 березы повислой (*Betula pendula* Roth.); клоны 54-84/8 и 66-150/10 гибридов березы повислой и березы пушистой; клон POP 4 тополя канадского (*Populus canadensis* auct.); клон ГлА тополя

волосистоплодного (*Populus trichocarpa* Torrey et A. Gray ex Hooker); клоны М22, М26, Псв3, Псв5, Псв6, Гл8 и Петровского сложных гибридов тополя; клон Китайский тополя китайского (*Populus simonii* Carriere f. *fastigiata*); клон Корейский тополя корейского (*Populus koreana* Rehder); клоны 215, Pt и V22 осины (*Populus tremula* L.).

Посадочный материал для создания опытных культур получен посредством микроклонального размножения. Процесс получения саженцев из микрорастений включал два основных этапа: адаптация к условиям *ex vitro* и доращивание в условиях закрытого грунта (теплицы). Регенеранты адаптировали *ex vitro* в течение 1–2 мес. Затем саженцы доращивали в условиях закрытого грунта с закрытой корневой системой (объем горшка – 1,0–1,5 л) на торфо-песчаном субстрате с добавлением комплексных удобрений на протяжении одного вегетационного сезона.

С использованием полученного посадочного материала был создан опытный объект – экспериментальные лесные культуры. Работа выполнена на землях, вышедших из сельскохозяйственного пользования. Опытный объект создан в Макеевском лесничестве Гомельского лесхоза (квартал 214, выдел 1). Закладка осуществлялась двумя партиями: весной (апрель) (посадочный материал выращивался в 2012 г. и сохранялся до весны 2013 г. в условиях лесного питомника) и осенью (октябрь) (саженцы выращены в год закладки) 2013 г. Обработка почвы заключалась в нарезке борозд. Площадь объекта – 5 га. Схема посадки – 3×3 м, представители различных клонов высажены в рядах без смешения.

Обследование объекта выполнено весной 2013 г. (для первой части объекта), весной 2014 г. (для второй части объекта, заложенной в конце 2013 г.) и осенью 2015 г. В качестве погрешности средней величины в статье представлено стандартное отклонение.

В ходе наблюдения за состоянием лесных культур в течение вегетационного периода 2013 г. было обнаружено, что в мае растения развивались нормально, приживаемость была на уровне, близком к 100%. Однако уже в конце августа значительная часть (до 30% и более) высаженных растений погибла, многие демонстрировали признаки угнетения роста. При почвенных раскопках обнаруживались обширные повреждения корневой системы из-за присутствия в почве корнегрызущих вредителей. Это, с одной стороны, привело к заметному снижению приживаемости, с другой стороны, на данном опытном объекте создаются подходящие условия для определения устойчивости

растений различных клонов к данному неблагоприятному фактору. Результаты обследования состояния и приживаемости высаженных растений представлены в табл. 1.

Как следует из данных табл. 1, прирост микроклонально размноженных растений заметно колеблется от варианта к варианту, приживаемость сильно варьирует от клона к клону. Кроме того, в большинстве случаев наблюдается большой разброс индивидуальных морфометрических параметров. Все вышесказанное говорит о присутствии неблагоприятного фактора, действующего с разной силой и случайным образом даже на растения одного клона.

В случае данного опытного объекта растения двух клонов березы (бп3ф1 и б69а1) были высажены как весной, так и осенью. При осенней посадке уровень обменных процессов и регенерационная способность растений заметно

снижаются, и они в большей степени подвержены действию неблагоприятных условий. Обратная ситуация имеет место при создании культур весной. Подобные рассуждения подтверждаются соотношением показателей приживаемости растений, высаженных в разные сроки (около 70 и 40% при посадке в апреле и октябре соответственно). Таким образом, наиболее благоприятным сроком для закладки лесных культур микроклональным посадочным материалом березы является период до начала распускания почек.

Наибольшим приростом характеризуются клоны тополя V22, 215, Псв6, Гл8, Псв3, Псв5, Рт (3,0–3,8 раза). По абсолютному среднему размеру надземной части выделяются варианты Гл8, V22, Рт, Псв5, М22, Псв6, Корейский (102,3–136,1 см), по показателю диаметра стволика на уровне земли – М22, Гл8, V22, Псв5, Псв3, Корейский (15,7–19,4 мм).

Таблица 1

Морфометрические показатели и приживаемость растений тополя и березы различных клонов, определенные на опытном объекте (Гомельский лесхоз, Макеевское лесничество, квартал 214, выдел 1)

Клон	Количество растений при первом/втором замере, шт.	Первый замер	Осень 2015 г.			
		Высота стволика, см	Высота стволика, см	Прирост, %	Диаметр, мм	Приживаемость, %
Посадка – весна 2013 г.						
Клон осины						
V22	56/42	23,5 ± 8,6	131,1 ± 73,4	458	17,1 ± 11,1	75,0
Клоны березы						
бб31	61/21	30,1 ± 21,5	85,0 ± 34,1	182	10,8 ± 5,9	39,3
бб9а1	47/36	17,6 ± 5,5	78,1 ± 37,7	344	9,4 ± 5,9	76,6
бп3ф1	55/40	28,0 ± 23,6	65,1 ± 36,0	133	9,4 ± 4,6	72,7
Посадка – осень 2013 г.						
Клоны тополя						
Гл8	25/25	38,4 ± 12,7	136,1 ± 48,7	254	18,3 ± 7,3	100,0
Псв3	14/14	29,6 ± 14,1	93,4 ± 40,5	216	16,2 ± 5,1	100,0
ГлА	25/25	37,5 ± 11,9	98,0 ± 50,2	161	13,7 ± 7,4	100,0
Петровского	18/18	36,2 ± 22,1	88,0 ± 35,3	143	12,1 ± 5,5	100,0
М26	25/25	33,4 ± 14,5	73,7 ± 24,3	121	14,7 ± 4,5	100,0
Китайский	21/21	37,4 ± 10,8	75,7 ± 29,2	102	11,7 ± 4,5	100,0
Корейский	21/21	55,5 ± 21,4	102,3 ± 38,3	84,3	15,7 ± 4,1	100,0
215	22/21	21,5 ± 23,2	82,8 ± 28,7	285	9,2 ± 2,9	95,5
Псв6	30/29	27,2 ± 21,3	103,7 ± 40,7	281	14,4 ± 6,4	96,7
М22	25/25	48,6 ± 18,4	106,9 ± 34,1	120	19,4 ± 6,8	93,3
Pt	17/16	37,5 ± 15,4	113,9 ± 32,8	204	11,6 ± 3,4	94,1
РОР4	24/22	39,1 ± 23,8	77,8 ± 34,6	99	8,3 ± 4,3	91,7
Псв5	26/22	34,6 ± 21,2	107,2 ± 32,9	210	16,6 ± 6,0	84,6
Клоны березы						
171б	54/19	41,1 ± 20,8	97,8 ± 36,8	138	11,4 ± 6,1	35,2
54-84/8	40/22	22,9 ± 17,4	85,9 ± 41,9	275	11,9 ± 5,4	55,0
66-150/10	27/17	28,8 ± 11,5	107,0 ± 47,8	272	11,8 ± 6,0	63,0
бб9а1	26/11	27,7 ± 18,8	58,7 ± 31,7	112	6,7 ± 3,5	42,3
бп1б	51/33	39,0 ± 15,2	64,0 ± 27,7	64	10,0 ± 6,0	45,1
бп3ф1	34/13	17,8 ± 8,5	43,6 ± 22,4	145	6,1 ± 2,8	38,2

Сопоставление трех указанных выше параметров показало, что клоны Гл8, Псв3, Псв5, V22, Псв6, Pt, M22, Корейский и 215 отличались наибольшей скоростью роста в течение 3–4 лет выращивания. Все выделенные формы имеют высокий уровень приживаемости в естественных условиях (75,0–100,0%) и, по нашему мнению, наиболее перспективны при лесоразведении на землях, выведенных из сельскохозяйственного пользования. В случае клонов березы надземная часть растений за время роста в условиях лесных культур увеличилась в 1,6–4,4 раза. Наибольшим приростом характеризуются формы 54-84/8, 66-150/10, бп3ф1, б69а1 и б631 (2,5–4,4 раза). По абсолютному среднему размеру надземной части выделяются клоны 66-150/10, 1716, 54-84/8, б631 и б69а1 (78,1–107,0 см). По показателю диаметра на уровне земли наибольшие значения определены для форм 54-84/8, 66-150/10, 1716 и б631 (10,8–11,9 мм). Сопоставление трех указанных выше параметров показывает, что клоны 54-84/8, 66-150/10, 1716 и б631 отличались наибольшей скоростью роста в течение всего периода выращивания.

Приживаемость саженцев березы заметно ниже, чем у представителей рода Тополь. Исходя из этого, можно предположить, что использование микроклональных саженцев березы в подобных условиях малоэффективно. В целом, можно выделить как наиболее перспективные клоны 54-84/8 и 66-150/10.

Анализ полученных данных показал, что рост надземной части всех клонов характеризуется общими чертами. Ход роста деревьев всех клоновых форм можно описать посредством линейной модели: y (высота, см) = $5,222x$ (диаметр, мм) + 24,53 (коэффициент детерминации $R^2 = 0,67$). Анализ аналогичной взаимосвязи на уровне саженцев одного клона демонстрирует сходную тенденцию (табл. 2). Как следует из табл. 2, не все варианты хорошо описываются линейной функцией.

Подобное может быть обусловлено наличием большого количества выпадающих точек, связанных в большей мере с действием случайных факторов. Таким образом, на ювенальной стадии развития рост растений, принадлежащих к родам Тополь и Береза, имеет большое количество сходных черт.

Таблица 2
Характеристики линейной аппроксимации
взаимосвязи диаметра и высоты стволика
для растений различных клонов

Клон	Уравнение регрессии	Коэффициент детерминации R^2
Гл8	$y = 6,068x + 25,33$	0,826
Псв3	$y = 4,308x + 23,43$	0,299
Корейский	$y = 8,625x - 33,10$	0,845
Pt	$y = 7,577x + 26,11$	0,627
M22	$y = 4,285x + 23,73$	0,722
215	$y = 9,154x - 1,745$	0,847
54-84/8	$y = 7,447x - 2,920$	0,920
66-150/10	$y = 7,716x + 15,97$	0,922

Заключение. Наиболее благоприятным сроком для закладки лесных культур микроклональным посадочным материалом березы является период до начала распускания почек.

Уровень приживаемости изучаемых клонов тополя достаточно высок и составляет 92,8%. По-видимому, названная лесная порода отличается высоким уровнем устойчивости к корнегрызущим вредителям. Клоны Гл8, Псв3, Псв5, Псв6, V22, Pt, M22, Корейский и 215 выделены нами как быстрорастущие.

Сопоставление оцениваемых характеристик позволило выделить клоны гибридной березы 54-84/8 и 66-150/10 как наиболее быстрорастущие и устойчивые по отношению к влиянию неблагоприятных факторов.

Литература

1. Шестибратов К. А., Жигунов А. В. Биотехнология в плантационном лесовыращивании: технологии и сферы применения // Лесные ресурсы таежной зоны России: проблемы лесопользования и лесовосстановления: материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием, Петрозаводск, 30 сент. – 3 окт. 2009 г. / КарНЦ РАН. Петрозаводск, 2009. С. 158–159.
2. Short-rotation forestry with hybrid aspen (*Populus tremula* L. × *P. tremuloides* Michx.) in Northern Europe / A. Tullus [et al.] // Scandinavian Journal of Forest Research. 2012. No. 27. P. 10–29.
3. Žiauka J., Kuusienė S., Šilininkas M. Fast growing aspens in the development of a plant micropropagation system based on plant-produced ethylene action // Biomass and Bioenergy. 2013. No. 53. P. 20–28.
4. Formation of height increment of hybrid aspen in Latvia / M. Zeps [et al.] // Agronomy Research. 2015. No. 13 (2). P. 436–441.
5. Жигунов А. В., Шабунин Д. А., Бутенко О. Ю. Лесные плантации триплоидной осины, созданные посадочным материалом *in vitro* // Вестник ПГТУ. 2014. № 4 (24). С. 21–30.
6. Результаты исследования четырехлетних опытных культур осины, созданных в Республике Татарстан методами биотехнологии / А. Х. Газизуллин [и др.] // Вестник Казанского ГАУ. 2011. № 3 (21). С. 118–120.

References

1. Shestibratov K. A., Zhigunov A. V. Biotechnology in plantation forestry: Technology and Applications. *Materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem (Lesnye resursy taezhnoy zony Rossii: problemy lesopol'zovaniya i lesovosstanovleniya)* [The materials of the All-Russian Scientific Conference with International Participation (Forest Resources of Russian Taiga: Forest Use and Reforestation problems)]. Petrozavodsk, 2009, pp. 158–159 (In Russian).
2. Tullus A. Short-rotation forestry with hybrid aspen (*Populus tremula* L. × *P. tremuloides* Michx.) in Northern Europe. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2012, no. 27, pp. 10–29.
3. Žiauka J., Kuusienė S., Šilininkas M. Fast growing aspens in the development of a plant micropropagation system based on plant-produced ethylene action. *Biomass and Bioenergy*, 2013, no. 53, pp. 20–28.
4. Zeps M. Formation of height increment of hybrid aspen in Latvia. *Agronomy Research*, 2015, no. 13 (2), pp. 436–441.
5. Zhigunov A. V., Shabunin D. A., Butenko O. Yu. Forest plantations of triploid aspen established with in vitro planting stock. *Vestnik PGU* [Bulletin of the Volga State University of Technology], 2014, no. 4 (24), pp. 21–30 (In Russian).
6. Gazizullin A. Kh. The study of four-year old experimental aspen plantations established in the Republic of Tatarstan by means of biotechnological methods. *Vestnik Kazanskogo GAU* [Bulletin of the Kazan State Agricultural University], 2011, no. 3 (21), pp. 118–120 (In Russian).

Информация об авторах

Кулагин Дмитрий Валерьевич – научный сотрудник лаборатории генетики и биотехнологии. Институт леса Национальной академии наук Беларуси (246001, г. Гомель, ул. Пролетарская, 71, Республика Беларусь). E-mail: aqua32@mail.ru

Константинов Андрей Вячеславович – младший научный сотрудник лаборатории генетики и биотехнологии. Институт леса Национальной академии наук Беларуси (246001, г. Гомель, ул. Пролетарская, 71, Республика Беларусь). E-mail: avkonstantinof@mail.ru

Богинская Людмила Александровна – младший научный сотрудник лаборатории генетики и биотехнологии. Институт леса Национальной академии наук Беларуси (246001, г. Гомель, ул. Пролетарская, 71, Республика Беларусь). E-mail: lpochta@mail.ru

Острикова Марина Яковлевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории генетики и биотехнологии. Институт леса Национальной академии наук Беларуси (246001, г. Гомель, ул. Пролетарская, 71, Республика Беларусь). E-mail: heterobasidion@mail.ru

Падутов Владимир Евгеньевич – доктор биологических наук, член-корреспондент НАН Беларуси, доцент, заведующий лабораторией генетики и биотехнологии. Институт леса Национальной академии наук Беларуси (246001, г. Гомель, ул. Пролетарская, 71, Республика Беларусь). E-mail: forestgen@mail.ru

Information about the authors

Kulagin Dmitriy Valer'evich – researcher, Laboratory of Genetics and Biotechnology. Institute of Forest of the National Academy of Sciences of Belarus (71, Proletarskaya str., 246001, Gomel, Republic of Belarus). E-mail: aqua32@mail.ru

Konstantinov Andrey Vyacheslavovich – Junior Researcher, Laboratory of Genetics and Biotechnology. Institute of Forest of the National Academy of Sciences of Belarus (71, Proletarskaya str., 246001, Gomel, Republic of Belarus). E-mail: avkonstantinof@mail.ru

Boginskaya Lyudmila Aleksandrovna – Junior Researcher, Laboratory of Genetics and Biotechnology. Institute of Forest of the National Academy of Sciences of Belarus (71, Proletarskaya str., 246001, Gomel, Republic of Belarus). E-mail: lpochta@mail.ru

Ostrikova Marina Yakovlevna – PhD (Biology), Senior Researcher, Laboratory of Genetics and Biotechnology. Institute of Forest of the National Academy of Sciences of Belarus (71, Proletarskaya str., 246001, Gomel, Republic of Belarus). E-mail: heterobasidion@mail.ru

Padutov Vladimir Evgen'evich – DSc (Biology), Corresponding Member of the Institute of Forest of the National Academy of Sciences of Belarus, Assistant Professor, Head of the Laboratory of Genetics and Biotechnology. Institute of Forest of the National Academy of Sciences of Belarus (71, Proletarskaya str., 246001, Gomel, Republic of Belarus). E-mail: forestgen@mail.ru

Поступила 16.02.2016